# Modeli slеđenja vozila u teoriji saobraćajnog toka i uticaj karakteristika vozača

IX P 2012

# Deterministički modeli sleđenja

- Deterministički matematički modeli koji se koriste u opisivanju zakonitosti kretanja vozila u saobraćajnim tokovima na putevima dele se na:

  *mikroskopske i makroskopske.*

- Bazirajući se na rastojanju sleđenja vozila u teoriji saobraćajnog toka poznati su sledeći modeli:

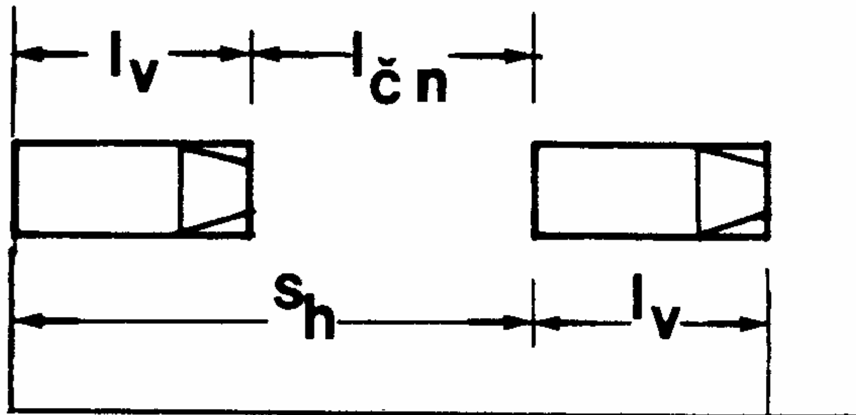
  - model konstantnog rastojanja sleđenja,
  - modeli rastojanja sleđenja u funkciji brzine,
  - modeli promenljivog rastojanja sleđenja, tzv. modeli "sledi vođu",
  - psihofizički model rastojanja sleđenja.

# MODEL KONSTANTNOG Sh

Polazni stav modela konstantnog rastojanja slеđenja je: da rastojanje između posmatranih vozila ne zavisi od brzine kretanja vozila, što napisano u opštem analitičkom obliku glasi $S_h \neq F(V)$.

Ukoliko se prednji stav za posmatrani par vozila prenese na saobraćajni tok, u tom slučaju, iz relacije $q = \frac{1000}{S_h} \cdot V$, proizilazi da veličina toka linearno zavisna od brzine, jer $S_h \neq f(V)$.

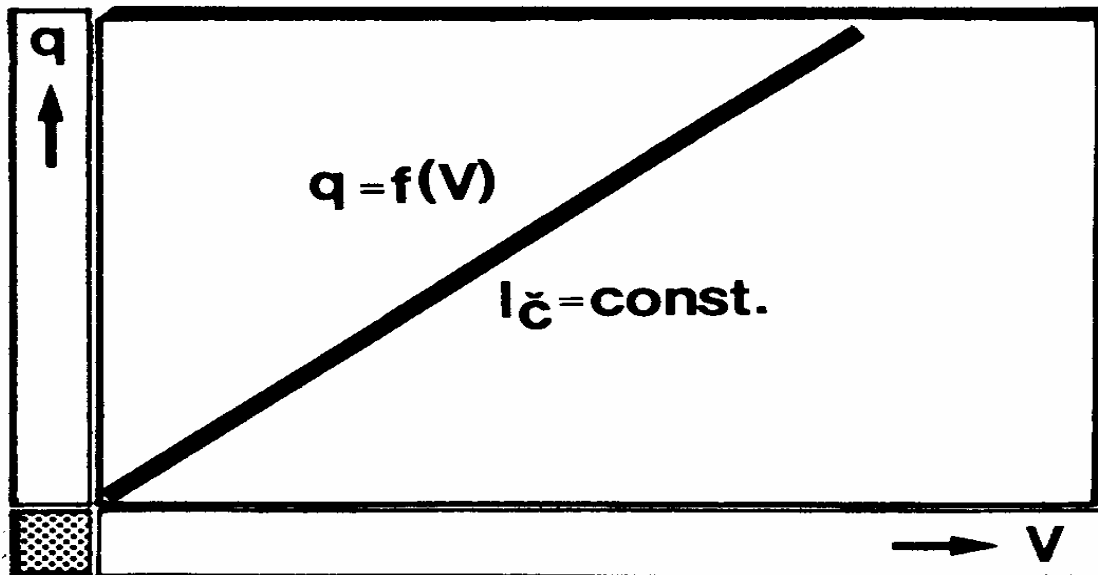
Sl. 59.



# MODEL KONSTANTNOG Sh

Opšti oblik interpretiranja zavisnosti protoka vozila q (voz/h) od brzine V (km/h) kod modela konstantnog rastojanja dat je u narednom grafičkom prilogu (Sl. 60).

Sl. 60.




Ovo je najjednostavniji model. Ovakvo kretanje se ne može identifikovati sa realnim saobraćajnim tokom, već sa kretanjem komada nekog proizvoda koji je raspoređen po određenom ritmu (razmaku) na pokretnoj traci. Međutim, treba istaći da bi ovi modeli mogli imati praktičnog smisla kod potpuno automatskog upravljanja saobraćajnim tokovima na mreži.

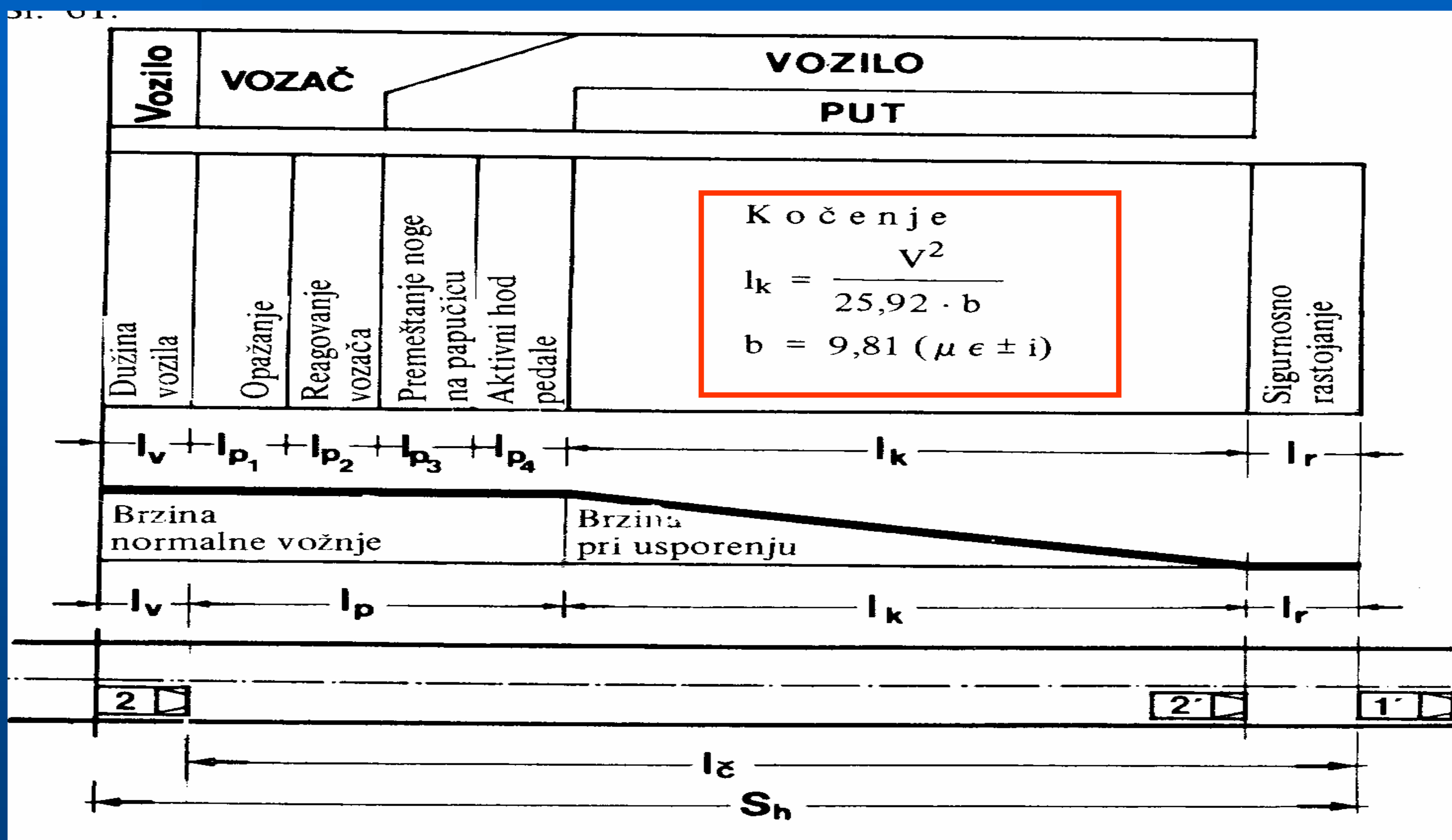
# MODELI RASTOJANJA SLEDJENJA U FUNKCIJI BRZINE - Teorijska osnova modela

Ovi modeli se zasnivaju na stavu da je minimalno rastojanje sleđenja između vozila u funkciji brzine (V) i da iznosi toliko da garantovano neće doći do naletanja drugog vozila na prvo vozilo, ukoliko prvo vozilo iznenadno stane. To znači, da je rastojanje toliko da vozilo koje sledi može izvršiti kočenje i zaustavljanje, a da ne naleti na vozilo ispred sebe, ukoliko se prvo vozilo zaustavi iz bilo kod razloga.

Rastojanje sleđenja posmatrano kao promenljiva veličina u funkciji brzine, u stručnoj literaturi naziva se i virtualno rastojanje između uzastopnih vozila ili tzv. ''dinamički gabarit''. Ovako shvaćeno rastojanje sleđenja, a polazeći od uslova bezbednosti, obuhvata sledeće elementarne dužine:

- dužinu vozila ($l_v$),
- pređeni put drugog vozila za vreme reagovanja sistema ''vozač–vozilo'' ($l_p$),
- put kočenja drugog vozila ($l_k$) ako put kočenja prvog vozila teži nuli, odnosno deo puta kočenja drugog vozila ukoliko je put kočenja prvog vozila kraći od puta kočenja drugog vozila,
- bezbedno rastojanje između vozila nakon zaustavljanja ($l_r$).

# MODELI RASTOJANJA SLEDJENJA U FUNKCIJI BRZINE - Teorijska osnova modela



# ANALIZA ELEMENTARNIH DUŽINA

(a) Dužina vozila $l_v$ nije zavisna od brzine, tj. $l_v \neq f(v)$.

(b) Dužina puta kojeg drugo vozilo pređe za vreme reagovanja sistema "vozilo–vozač" je funkcija brzine V i vremena reagovanja sistema "vozač–vozilo" $t_p$, tj. $l_p = F(V, t_p)$:

Vreme reagovanja sistema "vozač–vozilo" ($t_p$) je vreme koje prođe od trenutka pojavljivanja prepreke do početka kočenja i sastoji se od:

- vremena opažanja ($t_{p1}$), tj. vremena koje je potrebno vozaču da uoči prepreku,
- vremena reagovanja vozača ($t_{p2}$), tj. vremena koje je potrebno za reagovanje vozača od trenutka opažanja prepreke,
- vremena potrebnog za premeštanje noge na papučicu ($t_{p3}$) koje zavisi od sposobnosti vozača i konstrukcije vozila,
- vremena poništavanja zazora kočnice od trenutka dodira kočnice do pojave maksimalnog upsorenja ($t_{p4}$), koje takođe zavisi od sposobnosti vozača i konstrukcije vozila.

Za vreme reagovanja sistema "vozač–vozilo" ($t_p = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{p4}$), brzina vozila je približno konstantna. Pređeni put za to vreme je:

$$l_p = t_p \frac{V}{3,6}$$

# ANALIZA ELEMENTARNIH DUŽINA

(c) Dužina puta kočenja (izabranim usporenjem od početka kočenja do mesta zaustavljanja) zavisi od brzine, od puta i od vozila:

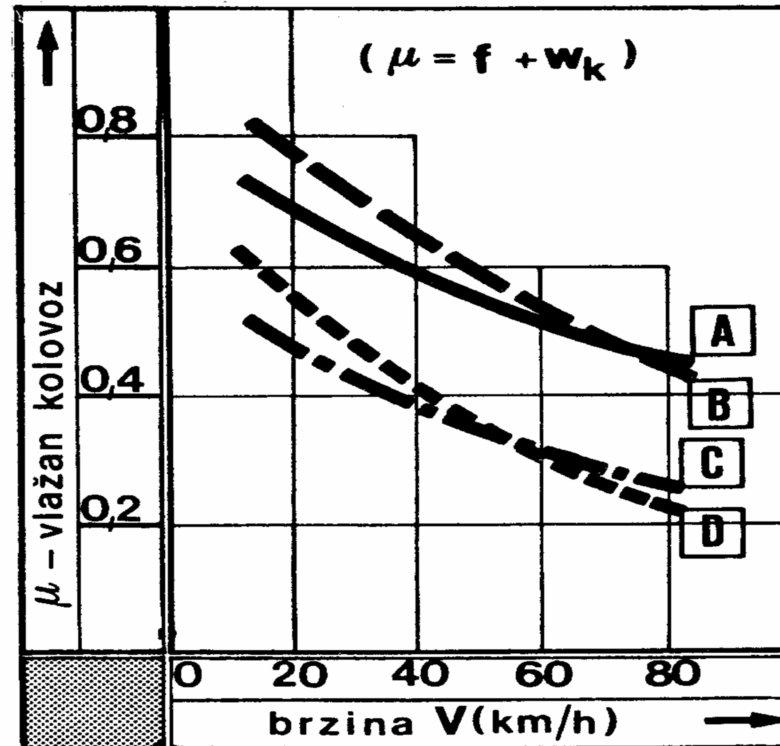
$$l_k = \frac{V^2}{2 \cdot [3{,}6]^2\, b'} ; \quad b = 9{,}81 \cdot (\mu\, \epsilon \pm i); \quad \epsilon = \frac{G_k}{G} ,$$

gde je:

- $G$ – težina vozila
- $G_k$ – težina po kočionoj osovini
- $\epsilon$ – koeficijent kočenih masa vozila
- $i$ – uspon (+) ili pad (–) na putu
- $b$ – usporenje

# ANALIZA ELEMENTARNIH DUŽINA

$\mu$ – koeficijent prianjanja između gume i puta.




A – Povoljan kolovozni zastor sa hrapavim gornjim slojem

B – Povoljan kolovozni zastor sa glatkim gornjim slojem

C – Nepovoljan kolovozni zastor sa hrapavim gornjim slojem

D – Nepovoljan kolovozni zastor sa glatkim gornjim strojem

Ako je:

$G = G_k$, tada je $l_k = \dfrac{V^2}{25{,}92\ b}$

(d) Dužina sigurnosnog rastojanja $l_r$ samo je delimično zavisna od brzine vozila, pa se praktično ova dužina češće tretira kao konstantna vrednost, kao: $l_r \cong (0{,}5$ do $1)\ l_v$, ili kao funkcija brzine, kao $l_r = \dfrac{V}{10 \text{ do } 15}$

# VREME REAGOVANJA SISTEMA VOZILO - VOZAČ

Ukupno vreme reagovanja sistema "vozač–vozilo" $t_p$ sačinjavaju:

**Percepcija** – uočavanje spoljnog nadražaja. Nema sumnje da je u procesu vožnje najbitnija vizuelna percepcija. Ljudsko oko može primati informacije brzinom od max $4{,}6 \cdot 10^6$ (bita/s) dok mozak može prerađivati informacije max brzinom od 25–35 bita u sekundi. Stoga je vozač prinuđen da uvek filtrira obilje informacija koje prima vizuelnim putem i koncentriše se na one vizuelne informacije koje utiču na njegovu bezbednost u kretanju. Vreme percepcije sadrži trajanje procesa usmeravanja i izoštravanja vizure na objekat koji predstavlja potencijalnu opasnost. Prosečno trajanje oko 0.1 (s).

**Identifikacija** – izdvajanje kritičnog detalja i shvatanja nivoa opasnosti. Ovaj proces uključuje preradu vizuelnih informacija u ljudskom mozgu kako bi vozač mogao da protumači značenje vizuelnog nadražaja. Brzina prerade informacija uslovljava da se ovo vreme kreće oko 0.3 (s).

# VREME REAGOVANJA SISTEMA VOZILO - VOZAČ

**Procena** – donošenje odluke za akciju upravljanja. Na osnovu prethodnog procesa vozač procenjuje situaciju i donosi odluku o vrsti akcije (kočiti, ubrzati, skrenuti, itd.). Ovaj proces je od najbitnijeg uticaja na ukupno trajanje vremena reagovanja i njegovo trajanje najviše zavisi od psihofizičkih karakteristika vozača. Posledično, trajanje ovog procesa pokazuje najveću disperziju rezultata i, zavisno od situacije i karakteristika vozača, može se kretati od 0.2 do 1.0 (s).

**Sprovođenje** – proces realizacije donetih odluka. Trajanje ovog procesa ne zavisi samo od vozača već i od rasporeda komandi u vozilu i prosečno se kreće oko 0.2 (s).

Budući da je faza procene kritična, eksperimentalno se dobijaju različiti rezultati ako je nadržaj očekivan ili pak ako je iznenadan. Po pravilu vreme reagovanja mereno u laboratorijskim uslovima je skoro dva puta kraće od vremena reagovanja u realnim uslovima odvijanja saobraćaja. Rezultati ispitivanja u stvarnim uslovima odvijanja saobraćaja prikazani su na sl. 63.[1])

# VREME REAGOVANJA SISTEMA VOZILO - VOZAČ

